

AT-NO: JP410323072A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10323072 A

TITLE: SERVO MOTOR CONTROL METHOD AND EQUIPMENT IN  
TWO-INERTIA  
RESONANCE SYSTEM

PUBN-DATE: December 4, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KANG, JUN HYOK

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SAMSUNG ELECTRON CO LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP10129255

APPL-DATE: May 12, 1998

INT-CL (IPC): H02P005/00, G05B013/02 , G05D017/02

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance system stability by finding a compensation torque value for vibration restriction based on a torque command value and a motor output speed, reflecting this compensation torque value to a torque command value and giving it to a servo motor, and restricting vibration by compensating elastic torsion occurred between a drive inertia system and a driven inertia system.

SOLUTION: An elastic torsional torque estimate and a disturbance torque estimate estimated by a minimum dimension assumed by a minimum dimension observation device 21 are given to a subtracter 23, and the subtracter 23 outputs these difference to a compensation torque calculating section

25. The compensation torque calculating section 25 determines a driven inertia system (servo motor) 5 from the difference of both the estimates, that is, acceleration estimate of load, and differentiates this and obtains an acceleration differentiated value of load. This is multiplied by a compensation torque feedback gain and a compensation torque value is determined. The compensation torque value is given to a subtracter 27 provided between a PI controller 9 and a driving inertia system (servo motor) 3, and a torque command value  $T_c$  created from the PI controller 9 is corrected and given to the driving inertia system 3.

COPYRIGHT: (C)1998, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-323072

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>  
H 0 2 P 5/00  
G 0 5 B 13/02  
G 0 5 D 17/02

識別記号

F I  
H 0 2 P 5/00 X  
G 0 5 B 13/02 C  
G 0 5 D 17/02

審査請求 有 請求項の数12 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-129255  
(22) 出願日 平成10年(1998) 5月12日  
(31) 優先権主張番号 1 9 9 7 1 8 3 4 7  
(32) 優先日 1997年 5月12日  
(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

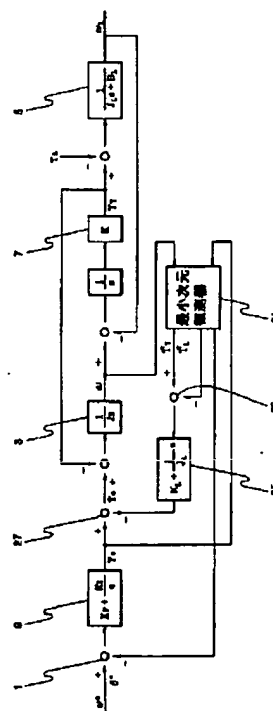
(71) 出願人 390019839  
三星電子株式会社  
大韓民国京畿道水原市八達区梅灘洞416  
(72) 発明者 姜 俊赫  
大韓民国ソウル市銅雀區新大方洞 (番地なし) 宇成エービーティ12-1511  
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外1名)

(54) 【発明の名称】 2 慣性共振系におけるサーボモータの制御方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 サーボモータと負荷が弾性連結要素を通じて相互連結されている2慣性系におけるサーボモータの制御方法及び装置を提供する。

【解決手段】 サーボモータへのトルク指令値 $T_c$ とモータ出力速度 $\omega$ に基づき振動抑制用補償トルク値を求め、この補償トルク値をトルク指令値 $T_c$ に反映してサーボモータに提供する。これによって、駆動慣性系3と被動慣性系5との間で発生される弾性ねじりトルク $T_r$ を適切に補償することにより振動を抑制しシステムの安定性を高めることができる。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 サーボモータと負荷が弾性連結要素を通じて相互連結されている2慣性系におけるサーボモータの制御方法において、

負荷速度指令値に基づき前記サーボモータへのトルク指令値を求める段階と；前記サーボモータのモータ出力速度を検出する段階と；前記トルク指令値と前記モータ出力速度に基づき振動抑制用補償トルク値を求める段階；及び前記補償トルク値を前記トルク指令値に反映して前記サーボモータに提供する段階を含むことを特徴とするサーボモータの制御方法。

【請求項2】 前記補償トルク値を求める段階は、前記負荷の加速度を推定する段階と、負荷加速度推定値から負荷加速度微分値を求める段階、及び前記負荷が速度微分

$$\dot{\omega}_L = \frac{1}{J_L} [\hat{T}_T - \hat{T}_L]$$

ここで、 $\dot{\omega}_L$ は負荷加速度推定値、 $\hat{T}_T$ は弾性ねじりトルク推定値、 $\hat{T}_L$ は外乱トルク推定値、そして $J_L$ は負荷の慣性モーメントである。

【請求項5】 最終の補償されたトルク指令値 ( $T_c$ ) ※のサーボモータの制御方法。  
は次式で表現されることを特徴とする請求項第4に記載※ 【数2】

$$T_c = K_P(\omega^* - \hat{\omega}) + K_I \int (\omega^* - \hat{\omega}) dt - K_L \ddot{\omega}_L$$

ここで、 $\omega^*$ は負荷速度指令値、 $\hat{\omega}$ は観測されたモータ出力速度、 $\ddot{\omega}_L$ は負荷加速度微分値、 $K_P$ は速度比例利得、 $K_I$ は積分利得、 $K_L$ は補償フィードバック利得を示す。

【請求項6】 サーボモータと負荷が弾性連結要素を通じて相互連結されている2慣性系におけるサーボモータの制御方法において、

負荷速度指令値に基づき前記サーボモータへのトルク指令値を求める段階と；前記サーボモータのモータ出力速度を検出する段階と；前記トルク指令値と前記モータ出力速度に基づき前記弾性連結要素における弾性ねじりトルク及び前記サーボモータに対する外乱トルクを推定する段階と；前記弾性ねじりトルク推定値と前記外乱トルク推定値との差異値に基づき前記負荷加速度推定値を求★

$$\dot{\omega}_L = \frac{1}{J_L} [\hat{T}_T - \hat{T}_L]$$

ここで、 $\dot{\omega}_L$ は負荷加速度推定値、 $\hat{T}_T$ は弾性ねじりトルク推定値、 $\hat{T}_L$ は外乱トルク推定値、そして $J_L$ は負荷の慣性モーメントである。

【請求項8】 最終の補償されたトルク指令値 ( $T_c$ ) ☆のサーボモータの制御方法。  
は次式で表現されることを特徴とする請求項第7に記載☆ 【数4】

2

\* 分値に補償フィードバック利得を掛けて前記補償トルク値を得る段階を含むことを特徴とする請求項第1に記載のサーボモータの制御方法。

【請求項3】 前記負荷加速度の推定段階は、前記モータ出力速度と前記トルク指令値に基づき前記弾性連結要素における弾性ねじりトルク及び前記サーボモータへの外乱トルクを推定する状態観測段階、及び前記弾性ねじりトルク値と前記外乱トルク推定値との差異値に基づき前記負荷加速度推定値を求める段階を含むことを特徴とする請求項第2に記載のサーボモータの制御方法。

【請求項4】 前記負荷加速度推定値は次式で示されることを特徴とする請求項第3に記載のサーボモータの制御方法。

【数1】

30★める段階と；前記負荷加速度推定値から負荷加速度微分値を求める段階と；前記負荷加速度微分値に補償フィードバックを掛けて振動抑制用補償トルク値を得る段階；及び前記補償トルク値を前記トルク指令値に反映して前記サーボモータに提供する段階を含むことを特徴とするサーボモータの制御方法。

【請求項7】 前記負荷加速度推定値は次式で表現されることを特徴とする請求項第6に記載のサーボモータの制御方法。

【数3】

$$T_c = K_P(\omega^* - \hat{\omega}) + K_I \int (\omega^* - \hat{\omega}) dt - K_L \ddot{\omega}_L$$

ここで、 $\omega^*$ は負荷速度指令値、 $\hat{\omega}$ は観測されたモータ出力速度、 $\ddot{\omega}_L$ は負荷加速度微分値、 $K_P$ は速度比例利得、 $K_I$ は積分利得、 $K_L$ は補償フィードバック利得を示す。

【請求項9】 サーボモータと負荷が弾性連結要素を通じて相互連結されている2慣性系におけるサーボモータの制御方法において、負荷速度指令値に基づいた前記サーボモータへのトルク指令値と前記サーボモータのモータ出力速度に基づいて、前記弾性連結要素における弾性ねじりトルク及び前記サーボモータに対する外乱トルクを推定する状態観測器と；前記弾性ねじりトルク推定値と前記外乱トルク推定値との差異値から振動抑制用補償トルク値を算出する補償トルク算出部と；及び前記補償トルク値を前記トルク指令値から減算して前記サーボモータに提供する減算\*

$$\dot{\hat{\omega}}_L = \frac{1}{J_L} [\hat{T}_T - \hat{T}_L]$$

ここで、 $\dot{\hat{\omega}}_L$ は負荷加速度推定値、 $\hat{T}_T$ は弾性ねじりトルク推定値、 $\hat{T}_L$ は外乱トルク推定値、そして $J_L$ は負荷の慣性モーメントである。

【請求項12】 最終の補償されたトルク指令値 ( $T_c$ ) は次式で表現されることを特徴とする請求項第11に記※

$$T_c = K_P(\omega^* - \hat{\omega}) + K_I \int (\omega^* - \hat{\omega}) dt - K_L \ddot{\omega}_L$$

ここで、 $\omega^*$ は負荷速度指令値、 $\hat{\omega}$ は観測されたモータ出力速度、 $\ddot{\omega}_L$ は負荷加速度微分値、 $K_P$ は速度比例利得、 $K_I$ は積分利得、 $K_L$ は補償フィードバック利得を示す。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はサーボモータの制御方法及び装置に係り、一層詳しくは、サーボモータと負荷が弾性連結要素を通じて相互連結されている2慣性系におけるサーボモータ制御方法及び制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 ロボットの柔軟関節、フレキシブルアーム、宇宙構造物では、負荷とその駆動のためのサーボモータが弾性を有するシャフトにより連結されて、いわゆる2慣性系を形成する場合がある。図1はこの2慣性系の概略的構成図である。図示されたように、サーボモータ側の駆動慣性系3と負荷側の被動慣性系5は弾性連結要素7により連結されている。図面で、 $\omega$ 、 $\theta$ 、 $T_e$ 、 $J$ はそれぞれ駆動慣性系3の速度、位置、トルク指令値及び慣性モーメントであり、 $\omega_L$ 、 $\theta_L$ 、 $T_L$ 、 $J_L$ はそれぞれ被動慣性系5の速度、位置、外乱トルク及び慣性モー

\*器を含むことを特徴とするサーボモータの制御装置。

【請求項10】 前記補償トルク算出部は、前記弾性ねじりトルク推定値と前記外乱トルク推定値との差異値に基づき前記負荷加速度推定値を求めてその微分値を得、前記負荷加速度微分値に補償フィードバックを掛けて前記補償トルク値を算出することを特徴とする請求項第9に記載のサーボモータの制御装置。

【請求項11】 前記負荷加速度推定値は次式で表現されることを特徴とする請求項第10に記載のサーボモータの制御装置。

【数5】

※載のサーボモータの制御装置。

【数6】

★ーメントであり、 $K$ は弾性連結要素7のスプリング定数である。

【0003】 図2はこの2慣性系の動的モデルを示したブロック図である。駆動慣性系3はトルク指令値 ( $T_e$ ) によって出力速度 ( $\omega$ ) を出力し、これにより被動慣性系5は負荷速度 ( $\omega_L$ ) を生成する。ところが、駆動慣性系3と被動慣性系5は、これらを連結している弾性連結要素7の弾性なので、やむをえず互いの速度差 ( $\omega - \omega_L$ ) 及びこれによる位置差 ( $\theta - \theta_L$ ) を有するようになる。この速度/位置差は急激な加減速時にさらに激しく示される。駆動慣性系3と被動慣性系5の位置差 ( $\theta - \theta_L$ ) は弾性ねじりトルク ( $T_T = K(\theta - \theta_L)$ ) を発生させる。

【0004】 この弾性ねじりトルク ( $T_T$ ) は図2から図示されたように駆動慣性系3にトルク指令値 ( $T_e$ ) と共に作用して駆動慣性系3即ちサーボモータの出力速度に影響する。弾性ねじりトルク ( $T_T$ ) はまた、被動

慣性系5に外乱トルク ( $T_L$ ) と一緒に作用して被動慣性系5即ち負荷側の速度にも影響する。この弾性ねじりトルク ( $T_T$ ) の影響はシステムの制御安定性を低下させるだけでなくねじり振動を発生させてシステムの安定性をさらに悪くする。

【0005】図3は従来の2慣性系制御装置の一例を示したブロック図である。図面から見られるように、従来の制御装置は駆動慣性系3即ちサーボモータへのトルク指令値 ( $T_e$ ) を生成するPI制御器9を有する。駆動慣性系3の出力速度 ( $\omega$ ) は、PI制御器9の前に設けられている減算器1にフィードバックされ、減算器1は被動慣性系5の目標速度即ち負荷速度指令値 ( $\omega^*$ ) との誤差値をPI制御器9に出力する。PI制御器9は、負荷速度指令値 ( $\omega^*$ ) とモータ出力速度 ( $\omega$ ) との誤差を可能な限りゼロに近接させるためのトルク指令値 ( $T_e$ ) を生成するように動作を遂行する。モータ出力速度 ( $\omega$ ) が弾性連結要素7による弾性ねじりトルク ( $T_T$ ) の影響を反映しているため、サーボシステムの正常な運転状態では、PI制御器9は弾性ねじりトルク ( $T_T$ ) の影響を減らすことができる。

【0006】ところが、急激な加減速時には、弾性ねじりトルク ( $T_T$ ) が駆動慣性系3及び被動慣性系5に交互に即ち振動の形態で作用し、駆動慣性系3と被動慣性系5との位置/速度誤差が大きく発生するので、PI制御器9はそれに対し適応的に対処することに限界がある。従って、2慣性系でPI制御器9だけでは振動の発生とシステム安定性の低下を効果的に防止することができない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、本発明の目的\*

$$\dot{\hat{\omega}}_L = \frac{1}{J_L} [\hat{T}_T - \hat{T}_L]$$

ここで、 $\hat{\omega}_L$ は負荷加速度推定値、 $\hat{T}_T$ は弾性ねじりトルク推定値、 $\hat{T}_L$ は外乱トルク推定値、そして  $J_L$ は負荷の慣性モーメントである。

【0011】最終の補償されたトルク指令値 ( $T_c$ ) は ※【0012】

次式で表現されることが望ましい:

※ 【数8】

$$T_c = K_P (\omega^* - \hat{\omega}) + K_I \int (\omega^* - \hat{\omega}) dt - K_L \ddot{\hat{\omega}}_L$$

ここで、 $\omega^*$ は負荷速度指令値、 $\hat{\omega}$ は観測されたモータ出力速度、 $\ddot{\hat{\omega}}_L$ は負荷加速度微分値、 $K_P$ は速度比例利得、 $K_I$ は積分利得、 $K_L$ は補償フィードバック利得を示す。

【0013】本発明の他の実施形態によると、サーボモータと負荷が弾性連結要素を通じて相互連結されている2慣性系におけるサーボモータの制御方法において、負荷速度指令値に基づき前記サーボモータへのトルク指令値を求める段階と; 前記サーボモータのモータ出力速度★

\*は、弾性連結要素によって連結された駆動慣性系と被動慣性系との間で発生される弾性ねじりトルクを適切に補償することにより振動を抑制しシステムの安定性を高めることができるようにした2慣性系におけるサーボモータ制御方法及び制御装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】前述した目的は、本発明により、サーボモータと負荷が弾性連結要素を通じて相互連結されている2慣性系におけるサーボモータの制御方法において、負荷速度指令値に基づき前記サーボモータへのトルク指令値を求める段階と; 前記サーボモータのモータ出力速度を検出する段階と; 前記トルク指令値と前記モータ出力速度に基づき振動抑制用補償トルク値を求める段階; 及び前記補償トルク値を前記トルク指令値に反映して前記サーボモータに提供する段階を含むことを特徴とするサーボモータの制御方法によって達成される。ここで、前記補償トルク値を求める段階は、前記負荷の加速度を推定する段階と、負荷加速度推定値から負荷加速度微分値を求める段階、及び前記負荷加速度微分値に補償フィードバック利得を掛けて前記補償トルク値を得る段階を含むことが望ましい。

【0009】負荷加速度の推定段階は、前記モータ出力速度と前記トルク指令値に基づき前記弾性連結要素における弾性ねじりトルク及び前記サーボモータへの外乱トルクを推定する状態観測段階、及び前記弾性ねじりトルク値と前記外乱トルク推定値との差異値に基づき前記負荷加速度推定値を求める段階を含むことができる。負荷加速度推定値は次の式で表現されることができ:

【0010】

【数7】

★を検出する段階と; 前記トルク指令値と前記モータ出力速度に基づき前記弾性連結要素における弾性ねじりトルク及び前記サーボモータに対する外乱トルクを推定する段階と; 前記弾性ねじりトルク推定値と前記外乱トルク推定値との差異値に基づき前記負荷加速度推定値を求め

る段階と；前記負荷加速度推定値から負荷加速度微分値を求める段階と；前記負荷加速度微分値に補償フィードバック利得を掛けて振動抑制用補償トルク値を得る段階；及び前記補償トルク値を前記トルク指令値に反映して前記サーボモータに提供する段階を含むことを特徴とするサーボモータの制御方法が提供される。

【0014】本発明はまた、サーボモータと負荷が弾性連結要素を通じて相互連結されている2慣性系におけるサーボモータの制御装置において、負荷速度指令値に基づいた前記サーボモータへのトルク指令値と前記サーボモータのモータ出力速度に基づいて、前記弾性連結要素における弾性ねじりトルク及び前記サーボモータに対する外乱トルクを推定する状態観測器と；前記弾性ねじりトルク推定値と前記外乱トルク推定値との差異値から振動抑制用補償トルク値を算出する補償トルク算出部と；及び前記補償トルク値を前記トルク指令値から減算して前記サーボモータに提供する減算器を含むことを特徴とするサーボモータの制御装置を提供する。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付した図面を参照して本発明を詳しく説明する。図1乃至図3と関連して説明したことと同一の内容に対しては重複の説明を省略する。図4は本発明による2慣性系のサーボモータ制御装置のブロック図である。サーボモータは、この図面から見られるように、サーボモータよりなる駆動慣性系3と負荷側の被動慣性系5、及び駆動慣性系3と被動慣性系5を弾性的に連結する弾性連結要素7を有する。本発明の制御装置は、トルク指令値（ $T_e$ ）を生成して駆動慣性系3に提供するPI制御器9と、トルク指令値（ $T_e$ ）及びモータ出力速度（ $\omega$ ）に基づき弾性連結要素7による弾性ねじりトルクと被動慣性系5の外乱トルクを推定す\*

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad y = C^T x$$

ここで、

$$A = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{K}{J_L} & -\frac{1}{J_L} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -K & 0 & 0 & K \\ 0 & 0 & -\frac{1}{J} & 0 \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} \omega_L \\ T_L \\ T_r \\ \omega \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -\frac{1}{J} \end{bmatrix}.$$

$u = T_e$  であり、

$y = \omega$ 、 $C^T = [0 \ 0 \ 0 \ 1]$  である。

【0019】最小次元の観測器を構成するために、数9の状態方程式を次のように分割する。

※【0020】  
※50 【数10】

\* する状態観測器である最小次元観測器21及び弾性ねじりトルク推定値と外乱トルク推定値から補償トルク値を算出する補償トルク算出部25を有する。

【0016】最小次元観測器21により観測されたモータ出力速度はPI制御器9の前に設けられた減算器1にフィードバックされ、減算器1は負荷速度指令値とモータ出力速度との差分をPI制御器9で出力する。最小次元観測器21で推定された弾性ねじりトルク推定値と外乱トルク推定値は減算器23に提供され、減算器23はこれらの差分を補償トルク算出部25に出力する。補償トルク算出部25は両推定値の差分から被動慣性系5即ち負荷の加速度推定値を求め、これを微分して負荷加速度微分値を得て、これを補償トルクフィードバック利得と掛けて補償トルク値を求める。補償トルク値はPI制御器9と駆動慣性系3との間に設けられた減算器27に提供され、PI制御器9から生成されたトルク指令値を補正して駆動慣性系3に提供する。

【0017】以下、最小次元観測器21による弾性ねじりトルク及び外乱トルクの推定と補償トルク算出部25による補償トルク値の算出過程に対して具体的に説明する。まず、負荷速度 $\omega_L$ 、外乱トルク $T_L$ 、モータ出力速度 $\omega$ 及び弾性ねじりトルク $T_r$ を状態変数とする2慣性系の状態方程式を考慮する。ここで、外乱トルク $T_L$ は時間に対し一定だと仮定し、トルク指令値 $T_e$ と検出されたモータ出力速度 $\omega$ を入力変数とする。そして $J$ は駆動慣性系3の慣性モーメントであり、 $J_L$ は被動慣性系5の慣性モーメント、 $K$ は弾性連結要素7のスプリング定数という。そうすると2慣性系の状態方程式は次の数9で表現されることができる。

【0018】

【数9】

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_r \\ \dot{x}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_r & b_r \\ c_r & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_r \\ g_n \end{bmatrix}$$

ここで、 $x_r = [\omega_L \quad T_L \quad T_T]^T$ ,  $x_n = \omega$ ,  $b_r = [0 \quad 0 \quad K]^T$ ,

$c_r = [0 \quad 0 \quad -J^{-1}]$ ,  $a_{nn} = 0$ ,  $g_r = [0 \quad 0 \quad 0]^T$ ,  $g_n = 1$ ,

$$A_r = \begin{bmatrix} -B_L J_L^{-1} & -J_L^{-1} & J_L^{-1} \\ 0 & 0 & 0 \\ -K & 0 & 0 \end{bmatrix} \text{で表現される。}$$

【0021】ここで、本発明によって提案される最小次 \* 【0022】  
元観測器は次の数11と同一である。 \* 【数11】

$$\dot{z} = (A_r - l_r c_r)z + (b_r - l_r a_{nn} + A_r l_r - l_r c_r l_r)y + (g_r - l_r g_n)u$$

$$\hat{x}_r = z + l_r y$$

$$\hat{x}_n = x_n = y$$

ここで、 $\hat{x}_r$ は推定状態を、 $l_r$ は観測者利得行列を、そして $\dot{z}$ は補助ベクトルをそれぞれ示し、これからは次のように定義される。

$$\hat{x}_r = [\hat{\omega}_L \quad \hat{T}_L \quad \hat{T}_T]^T, L_r = [l_1 \quad l_2 \quad l_3], z = [z_1 \quad z_2 \quad z_3]$$

【0023】今、数11を解いて書くと次の数12のよ \* 【0024】  
うに表現される ( $B_L$ はとて小さい値なので無視す \* 【数12】  
る)。

$$\dot{z} = \begin{bmatrix} 0 & -J_L^{-1} & J_L^{-1} + J^{-1}l_1 \\ 0 & 0 & J^{-1}l_2 \\ -K & 0 & J^{-1}l_3 \end{bmatrix} z + \begin{bmatrix} J_L^{-1}(l_2 + l_3) + J^{-1}l_1 l_2 \\ J^{-1}l_2 l_3 \\ K(1 - l_0) + J^{-1}l_3 \end{bmatrix} y + \begin{bmatrix} J^{-1}l_1 \\ J^{-1}l_2 \\ J^{-1}l_3 \end{bmatrix} u$$

$$\hat{x}_r = z + \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{bmatrix} y$$

$$\hat{x}_n = x_n = y$$

【0025】ここで、観測者利得行列 ( $l_r$ ) を設定す \* 【0026】  
るために先ず、数13のように表現される行列  $A - l_r$  \* 【数13】  
 $c^T$ の特性多項式  $\Delta(s)$  を求める。 ★



$$\Delta(s) = [sI - A_r + l_r c_r]$$

$$= s^3 - l_3 J^{-1} s^2 + (K l_1 J^{-1} + K J_L^{-1}) s - K l_2 J^{-1} J_L^{-1}$$

【0027】ここで、上の特定多項式 $\Delta(s)$ が中根 $s$  \*ならない。

$= -\lambda$ 、 $\lambda > 0$ を有するように観測者利得を設定する。 【0028】

そうすると、数14のような関係式が満足されなければ\* 【数14】

$$\Delta(s) = (s + \lambda)^3 = s^3 + 3\lambda s^2 + 3\lambda^2 s + \lambda$$

【0029】この数13と数14により観測者利得行列 ※【0030】  
は、次の数15のように与えられる。 ※ 【数15】

$$l_1 = K^{-1}(3\lambda^2 - K J_L^{-1})J, \quad l_2 = -\frac{\lambda^3 J_L J}{K}, \quad l_3 = -3\lambda J$$

【0031】今、数12から演算された弾性ねじりトルク推定値 $\hat{T}_r$  ("  $\hat{T}_r$ " の上に"  $\hat{\cdot}$ " をつけた記号を表すものとする)と外乱トルク推定値 $\hat{T}_L$  ("  $\hat{T}_L$ " の上に"  $\hat{\cdot}$ " をつけた記号を表すものとする)を利用して数9で被動慣性系5の負荷加速度推定値 $\hat{\omega}_L$  ("  $\hat{\omega}_L$ " の上に"  $\hat{\cdot}$ " を、さらにその上に"  $\hat{\cdot}$ " をつけた記号を表すものとする)を求めることができる。求められた負荷加速度推定値 $\hat{\omega}_L$  ("  $\hat{\omega}_L$ " の上に"  $\hat{\cdot}$ " を、さらにその上に"  $\hat{\cdot}$ " をつけた記号を表すものとする)は次の数16と同一である。

【0032】

【数16】

$$T_c = T_e - K_L \hat{\omega}_L$$

$$= K_P (\omega^* - \hat{\omega}) + K_I \int (\omega^* - \hat{\omega}) dt - K_L \hat{\omega}_L$$

ここで、 $K_P$ は速度比例利得、 $K_I$ は積分利得、 $K_L$ は補償フィードバック利得を示す。

【0035】この時、数17の $(\omega^* - \hat{\omega})$  ("  $\hat{\omega}$ " は、"  $\omega$ " の上に"  $\hat{\cdot}$ " をつけた記号を表すものとする)で表現される速度誤差を含んだPI制御分は速度計算上の誤差による高周波振動を減殺させる役割をするようになり、 $-K_L \hat{\omega}_L$  ("  $\hat{\omega}_L$ " は、"  $\omega_L$ " の上に"  $\hat{\cdot}$ " を、さらにその上に"  $\hat{\cdot}$ " をつけた記号を表すものとする)に表現された補償トルク値は外乱トルク及び弾性ねじりトルクによる振動現象を減殺させる役割をするようになる。

【0036】

【発明の効果】前述したように、本発明によると、2慣性系で被動慣性系の加速度推定値を求めて補償トルク値☆

$$\hat{\omega}_L = \frac{1}{J_L} [\hat{T}_r - \hat{T}_L]$$

【0033】補償トルク算出部25では、数16からの負荷加速度推定値を微分すると共に補償フィードバック利得を掛けて減算器27に提供される。減算器27はPI制御器9の出力であるトルク指令値 $(T_e)$ と補償トルク算出部25の補償トルク値の誤差を駆動慣性系3に提供する。即ち、駆動慣性系3に提供される最終の補償された制御入力値は次の数17のように表現される。

【0034】

【数17】

☆を算出しこれでトルク指令値を補正するので、弾性連結要素による弾性ねじりトルクを適切に除去して振動の除去及びシステムの安定性向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 2慣性系の概略的構成図である。

【図2】 2慣性系の動的モデルのブロック図である。

【図3】 従来のサーボモータ制御装置の一例を示したブロック図である。

【図4】 本発明による2慣性系におけるサーボモータ制御装置のブロック図である。

【符号の説明】

1, 23, 27 減算器

(8)

特開平10-323072

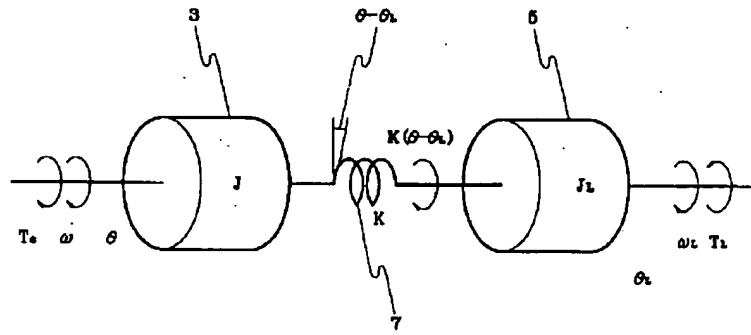
13

14

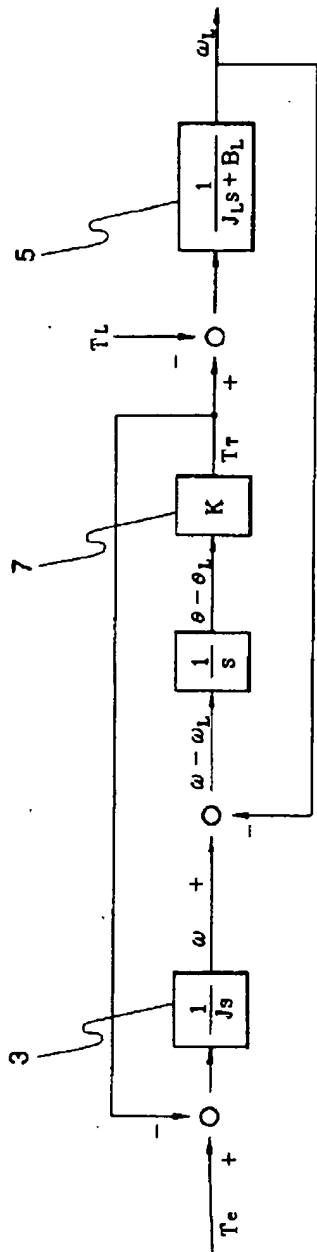
- 3 駆動慣性系
- 5 被動慣性系
- 7 弾性連結要素
- 9 P I制御器

- 21 最小次元観測器
  - 25 補償トルク算出部
- 整理番号 F05235A1

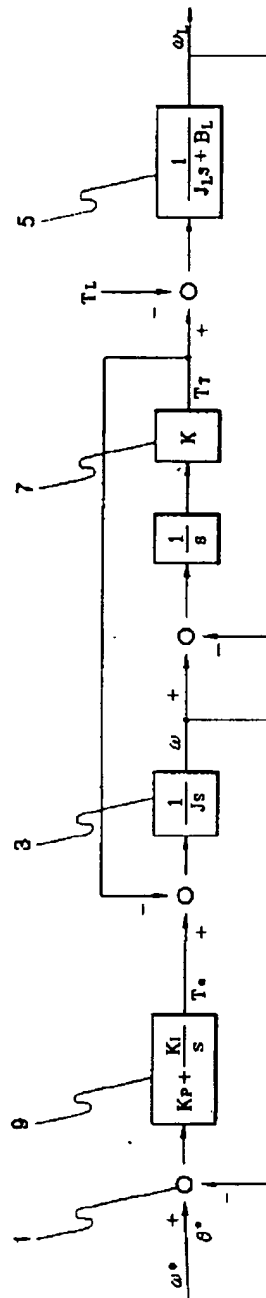
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

